

# STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN PASIR BERMACAM GRADASI DAN CAMPURAN KAPUR

M.Shoffar Al Hafizh<sup>(1)</sup>, Gunawan Wibisono<sup>(2)</sup>, Soewignjo Agus Nugroho<sup>(3)</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: [alhafizh.m.shoffar@student.unri.ac.id](mailto:alhafizh.m.shoffar@student.unri.ac.id)

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: [g.wibisono@eng.unri.ac.id](mailto:g.wibisono@eng.unri.ac.id)

<sup>3</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: [nugroho.sa@eng.unri.ac.id](mailto:nugroho.sa@eng.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Unconfined compression strength and CBR values of sandy clay are influenced by several factor such as sand and clay content, soil properties, density, moisture content, and gradation. This research tries to figure out the effect of sandy clay gradation on its unconfined compression strength and CBR values. Sandy clay mixtures were made from different percentage of sand and clay fractions. Sand fraction gradation varied from well to poor (gap). Clay was also stabilized with quick lime. The results of this research indicated that the addition of sand and lime into clay increased unconfined compression strength and CBR values, especially after 28 days curing time. The largest value of unconfined compression strength test occurred at mixture with 70% clay, due to the cohesiveness obtained from clay and lime stabilisation. The largest CBR values were found in the mixture with less contained clay.*

**Keywords:** *unconfined compression strength, CBR, gradation, density, sand, clay*

## I. PENDAHULUAN

Sifat tanah yang tidak selalu memiliki kualitas sesuai dengan harapan pada saat merencanakan konstruksi, baik konstruksi jalan, gedung dan lainnya. Seringkali di lapangan dijumpai kondisi tanah dasar yang kurang baik dengan sifat kembang susut yang tinggi sehingga menyebabkan kegagalan atau kerusakan pada struktur diatasnya, seperti jalan raya yang bergelombang. Kembang susut ini dikenal dengan lempung ekspansif. Tanah yang memiliki daya dukung yang rendah. Untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah tersebut maka ditambahkan dengan pasir granular, sehingga pada penelitian ini material yang diteliti adalah material lempung dengan campuran variasi pasir ditambah dengan campuran kapur. Kapasitas daya dukung tanah tersebut juga dapat dilihat dari nilai kuat geser ( $q_u$ ) yang didapat dari pengujian UCS (*Unconfined Compression Strength*). Kekasaran permukaan bidang geser terbentuk karena distribusi, ukuran dan bentuk partikel pada bidang geser

tanah. Kohesi ( $c$ ) adalah Gaya tarik menarik antar molekul yang memiliki sifat kohesif. Salah satu aspek yang mempengaruhi kohesi adalah kerapatan dan jarak antar molekul dalam suatu benda, sehingga kohesi juga dipengaruhi oleh distribusi ukuran butiran yang dapat menyebabkan kerapatan yang lebih besar antar partikel tanah.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Das, Braja M (1988), tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokopis sampai dengan sub mikrokopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (*kohesif*) dan sangat lunak. Berdasarkan klasifikasi tanah menurut AASHTO, tanah lempung memiliki ukuran butiran lebih kecil dari 0,002 mm. Hakam, et al (2010), melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan tanah lempung pada pasir pantai terhadap kuat geser tanah. Hasil penelitian

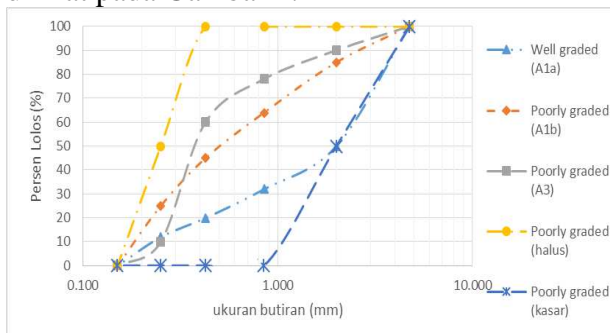
menunjukkan semakin padat suatu massa tanah maka semakin besar sudut gesernya, sebaliknya semakin lepas suatu massa tanah maka semakin kecil sudut geser yang dihasilkan. Semakin besar kadar lempung yang ditambahkan maka semakin meningkat kohesi tanah tersebut, dan sudut geser akan menjadi semakin menurun. Kara dkk (2013) melakukan penelitian mengenai kontribusi dari rentang ukuran butiran pasir terhadap kuat geser pasir. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan rentang ukuran butiran pasir

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh dari campuran gradasi pasir dan persentase kandungan lempung terhadap daya dukung dan kuat geser tanah. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### Persiapan Benda Uji

Benda uji yang disiapkan berupa tanah lempung, pasir dan kapur. Lempung yang digunakan memiliki nilai Indeks Plastisitas (*PI*) besar dari 50%. Benda uji dipersiapkan berdasarkan variasi gradasi pasir yang direncanakan berdasarkan ASHTOO dan USCS dan variasi kadar lempung pada campuran pasir. Gradasi pasir rencana dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gradasi rencana butiran pasir  
Pada tanah pasir, pasir di kategorikan sebagai gradasi baik (*well graded*) apabila nilai  $C_c > 6$  dan nilai  $C_u$  diantara 1 dan 3 ( $1 < C_u < 3$ ). Jika hanya memenuhi salah satu nilai  $C_u$  atau  $C_c$  maka, pasir dikategorikan bergradasi buruk (*poorly graded*). Gradasi A1-b dan A3 adalah system klasifikasi tanah berdasarkan AASTHO dimana masuk kategori pasir bergradasi buruk (*poorly Graded sand*).

dan membuat variasi tambahan berupa gradasi dari pencampuran rentang ukuran butiran pasir. Kemudian masing masing variasi dilakukan uji geser langsung. Dari hasil penelitian didapat bahwa semakin besar ukuran dari partikel pasir maka sudut geser pasir ( $\phi$ ) akan semakin meningkat. Pasir tidak memiliki kemampuan mengikat antar partikel (kohesi) dan sulit dipadatkan sehingga daya dukung tidak terpenuhi, untuk memecahkan masalah ini maka pasir harus ditambahkan material pengikat berupa tanah kohesif.

Untuk gradasi seragam (*uniform fine graded, UF* dan *uniform coarse graded, UC*) merupakan pasir seragam ukuran butiran berturut turut #40 sampai #60 dan #4 sampai #40. Dari masing-masing gradasi di atas kemudian divariasikan dengan campuran lempung 60% dan 70%. Kapur yang digunakan adalah kapur tohor ( $\text{CaO}$ ). Kapur akan ditambahkan sebanyak 6% dari berat campuran antara lempung dan pasir.

#### Pengujian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan meliputi uji properties tanah, sifat fisik tanah dan pengujian pemadatan. Pengujian propertie dan sifat fisik tanah di antaranya adalah uji kadar air, analisa saringan, berat jenis, konsistensi tanah. Tujuan uji pendahuluan adalah untuk klasifikasi tanah. pengujian proktor standar masing variasi tanah campuran untuk mendapatkan kadar air optimum (OMC) dan berat volume kering maksimum (MDD).

#### Pengujian Utama

Pengujian Utama terdiri dari pengujian Unconfined Compression Strength (UCS) dan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*), baik kondisi pemeraman (*curing*) atau tidak pemeraman. Air yang ditambahkan pada pembuatan benda uji UCS dan CBR merupakan nilai OMC masing masing variasi campuran. Melakukan pengujian UCS dan CBR pada masing-masing campuran tanah baik tanpa pemeraman (*curing*) ataupun dengan pemeraman 28 hari.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang diperoleh dari penelitian ini berasal dari serangkaian pengujian yang dilaksanakan di laboratorium, kemudian disajikan secara sistematis dan jelas sehingga dapat dilakukan analisa. Data-data yang diperoleh yaitu spesifik gravity, batas cair dan batas plastis, MDD, OMC, nilai UCS dan

CBR tanpa pemeraman serta UCS dan CBR pemeraman.

##### Hasil Pengujian Proktor Standart

Setelah dilakukan pengujian standard proctor terhadap tanah dicampur pasir 40% dan 30% dengan variasi campuran yang telah ditetapkan, maka berdasarkan hasil pemeriksaan diperoleh nilai kepadatan dan OMC seperti yang terlihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

No.	Deskripsi Tanah	$\gamma_{dry}$ maks ( $gr/cm^3$ )	OMC (%)
	100% Clay	1,458	25,200
2	70% C+30% S (WG)	1,680	20,100
3	70%C+30%S(A-1b)	1,630	21,000
4	70%C+30%S(A-3)	1,620	22,500
5	70%C+30%S(UF)	1,600	21,800
6	70%C+30%S(UC)	1,700	18,000
7	60%C+40%(WG)	1,758	17,500
8	60%C+40%S(A-1b)	1,695	17,200
9	60%C+40%S(A-3)	1,700	16,500
10	60%C+40%S(UF)	1,710	18,200
11	60%C+40%S(UC)	1,750	16,800

##### Hasil Pengujian CBR

Pengujian pemadatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah *standard compaction test* yang digunakan untuk menentukan Optimum Moisture Content (OMC) dan Maximum Dry Density (MDD). Hasil pengujian pemadatan standar ini digunakan untuk memperoleh OMC dan MDD. Kadar air optimum tersebut

dijadikan acuan sebagai kadar air yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji CBR. Berdasarkan hasil pengujian pemadatan standar pada Tabel 1, maka dapat ditentukan nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum dengan hasil yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian CBR 0 Hari

No	Deskripsi Tanah	Kadar Air (%)	$\gamma_{dry}$ ( $gr/cm^3$ )	Nilai CBR (%)
1	100% Clay	25,20	1,458	5,06
2	70% C+30% S (WG)	20,10	1,680	10,090
3	70%C+30%S(A-1b)	21,00	1,630	19,481
4	70%C+30%S(A-3)	22,50	1,620	17,233

5	70%C+30%S(UF)	21,80	1,600	14,885
6	70%C+30%S(UC)	18,00	1,700	19,980
7	60%C+40%(WG)	17,50	1,758	14,985
8	60%C+40%S(A-1b)	17,20	1,695	23,988
9	60%C+40%S(A-3)	16,50	1,700	22,039
10	60%C+40%S(UF)	18,20	1,710	18,741
11	60%C+40%S(UC)	16,80	1,750	23,613

### Hasil Pengujian UCS

Pengujian pemadatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah *standard compaction test* yang digunakan untuk menentukan Optimum Moisture Content (*OMC*) dan Maximum Dry Density (*MDD*). Hasil pengujian pemadatan standar ini digunakan untuk memperoleh *OMC* dan *MDD*. Kadar air optimum tersebut

dijadikan acuan sebagai kadar air yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji UCS. Berdasarkan hasil pengujian pemadatan standar pada Tabel 1, maka dapat ditentukan nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum dengan hasil yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian UCS 0 Hari

No	Deskripsi Tanah	Kadar Air (%)	$\gamma_{dry}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	qu (kPa)
1	100% Clay	25,200	1,458	185,42
2	70% C+30% S (WG)	20,100	1,680	574,77
3	70%C+30%S(A-1b)	21,000	1,630	682,13
4	70%C+30%S(A-3)	22,500	1,620	598,01
5	70%C+30%S(UF)	21,800	1,600	832,91
6	70%C+30%S(UC)	18,000	1,700	623,51
7	60%C+40%(WG)	17,500	1,758	661,08
8	60%C+40%S(A-1b)	17,200	1,695	774,50
9	60%C+40%S(A-3)	16,500	1,700	544,79
10	60%C+40%S(UF)	18,200	1,710	791,77
11	60%C+40%S(UC)	16,800	1,750	737,31

Tabel 5. Hasil Pengujian UCS 28 Hari

No	Deskripsi Tanah	Kadar Air (%)	$\gamma_{dry}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	qu (kPa)
1	100% Clay	25,200	1,458	661,08
2	70% C+30% S (WG)	20,100	1,680	844,40

3	70%C+30%S(A-1b)	21,000	1,630	818,97
4	70%C+30%S(A-3)	22,500	1,620	981,60
5	70%C+30%S(UF)	21,800	1,600	1034,20
6	70%C+30%S(UC)	18,000	1,700	663,99
7	60%C+40%(WG)	17,500	1,758	719,18
8	60%C+40%S(A-1b)	17,200	1,695	894,21
9	60%C+40%S(A-3)	16,500	1,700	659,56
10	60%C+40%S(UF)	18,200	1,710	941,34
11	60%C+40%S(UC)	16,800	1,750	794,42

Tabel 6. Hasil Pengujian UCS 28 Hari

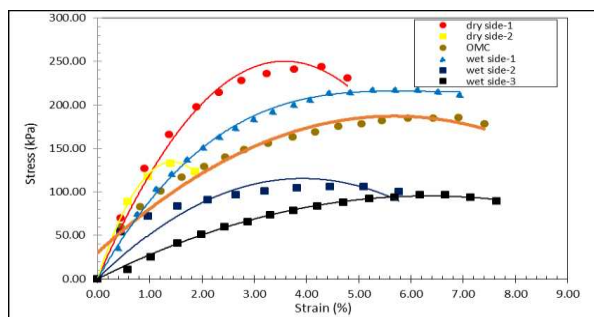
No.	Deskripsi Tanah	Kadar Air (%)	$\gamma_{dry}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	qu (kPa)
1	100% Clay	25,200	1,458	661,084
2	70% C+30% S (WG)	20,100	1,680	844,402
3	70%C+30%S(A-1b)	21,000	1,630	818,978
4	70%C+30%S(A-3)	22,500	1,620	981,606
5	70%C+30%S(UF)	21,800	1,600	1034,200
6	70%C+30%S(UC)	18,000	1,700	663,993
7	60%C+40%(WG)	17,500	1,758	719,186
8	60%C+40%S(A-1b)	17,200	1,695	894,213
9	60%C+40%S(A-3)	16,500	1,700	659,565
10	60%C+40%S(UF)	18,200	1,710	941,348
11	60%C+40%S(UC)	16,800	1,750	794,426

## PEMBAHASAN

Setelah nilai CBR dan nilai kuat geser ( $q_u$ ) diperoleh untuk setiap variasi lempung dan pasir yang telah ditentukan, maka nilai-nilai CBR dan  $q_u$  tersebut akan dianalisis hubungannya dengan faktor-faktor yang berpengaruh seperti komposisi campuran tanah, kepadatan tanah, dan juga kadar air.

### Hubungan Nilai Kuat Geser ( $q_u$ ) pada Sisi Kering dan Sisi Basah terhadap Nilai OMC

Pada saat mencari nilai kepadatan maksimum dan nilai kadar air optimum pada sampel tanah, terdapat bagian sampel yang berada pada sisi kering dan sisi basah. Setiap sisi dilakukan pengujian kuat geser untuk mengetahui perilaku tanah tanah tersebut terhadap kadar air yang dikandung oleh sampel tanah. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Nilai Kuat Geser pada Tanah Asli

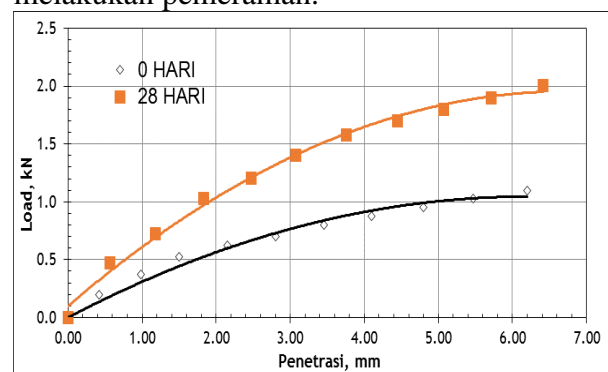
Dari Gambar 2. Nilai kuat geser dengan rentang kadar air lebih rendah akan mendapatkan nilai  $q_u$  yang tinggi dibandingkan dengan nilai  $q_u$  pada sisi basah tanah asli. Semakin mendekati kadar air optimum pada tanah asli, maka nilai kuat geser akan bertambah tinggi. Kuat geser maksimum terjadi pada kadar air optimum.

Nilai kuat geser ( $q_u$ ) pada OMC sebesar 185,43 kPa, nilai kuat geser pada sisi kering yang lebih dekat dengan OMC dengan kadar air sebesar 23,85 %, memiliki nilai kuat geser ( $q_u$ ) sebesar 244,33 kPa. Sedangkan nilai kuat geser pada sisi basah

yang mendekati OMC dengan kadar air sebesar 26,33 %, memiliki nilai kuat geser sebesar 218,25 kPa. Dari Gambar 4.8 juga dapat dilihat, bahwa semakin besar kadar air pada sampel tanah, maka tanah tersebut akan menjadi lebih elastis dan nilai kuat geser ( $q_u$ ) akan mengecil. Sedangkan pada bagian lebih sedikit mengandung kadar air, maka nilai elastisitasnya akan mengecil, dan nilai kuat geser akan lebih besar.

### Efek Pemeraman Terhadap Nilai CBR pada Tanah Asli

Pemeraman dilakukan untuk melihat berapa selisih kenaikan nilai CBR yang melakukan pemeraman dengan sampel yang tidak melakukan pemeraman.



**Gambar 3.** Grafik Nilai CBR Tanah Asli

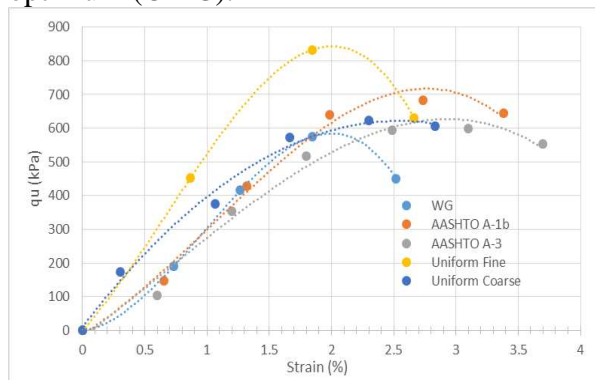
Pada Gambar 3 dapat dilihat perbandingan nilai CBR tanah asli pada umur 0 (nol) hari dengan umur 28 hari. Bahwa nilai CBR tanah asli mengalami peningkatan hampir 2 kali lipat setelah sampel mengalami pemeraman. Nilai CBR tanah asli pada 0 (nol) hari sebesar 5,06 % pada penetrasi 2,54 mm dan 5,04% pada penetrasi 5,08 mm, sedangkan nilai CBR pada sampel yang dilakukan pemeraman selama 28 hari memiliki nilai CBR sebesar 9,22 % pada penetrasi 2,54 mm dan 9,24 % pada penetrasi 5,08 mm

### Nilai Kuat Geser ( $q_u$ ) Keadaan OMC pada Variasi Campuran 70%C+30% S (0 Hari)

Pada Gambar 4.10 menunjukkan nilai kuat geser dari semua variasi sampel yang telah dilakukan pengujian dengan tidak melakukan pemeraman. Berikut nilai kuat



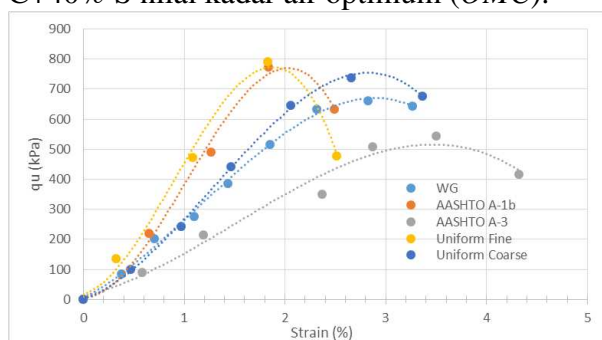
geser ( $q_u$ ) dari semua variasi dengan campuran 70% C+30% S nilai kadar air optimum (OMC).



Gambar 4. Grafik Kuat Geser ( $q_u$ ) pada kondisi OMC campuran 70%C+30%S.

Nilai kuat geser dari setiap campuran memiliki nilai yang berbeda yang dipengaruhi oleh variasi gradasi pasir. Dari Gambar 4, menunjukkan nilai kuat geser berbanding terbalik dengan regangan yang terjadi. Untuk nilai kuat geser ( $q_u$ ) tertinggi pada gambar terdapat pada campuran *Uniform Fine*. Namun untuk nilai elastisitasnya lebih rendah. Yang mengakibatkan waktu kehancuran yang lebih segera. Jadi sampel tersebut lebih getas. Sedangkan untuk campuran lainnya tidak memiliki nilai kuat geser ( $q_u$ ) yang lebih tinggi, tetapi sampel mengalami kehancuran dengan waktu yang lebih lama, karena memiliki nilai elastisitas tanah yang lebih tinggi.

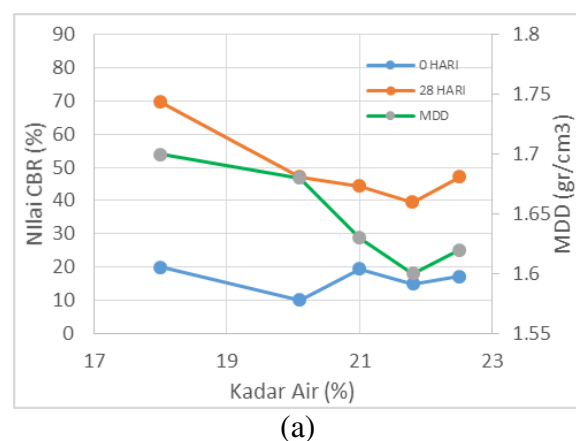
**Nilai Kuat Geser ( $q_u$ ) Keadaan OMC pada Variasi Campuran 60%C+40%S (0 Hari)** Berikut nilai kuat geser ( $q_u$ ) dari semua variasi dengan campuran 60% C+40% S nilai kadar air optimum (OMC).



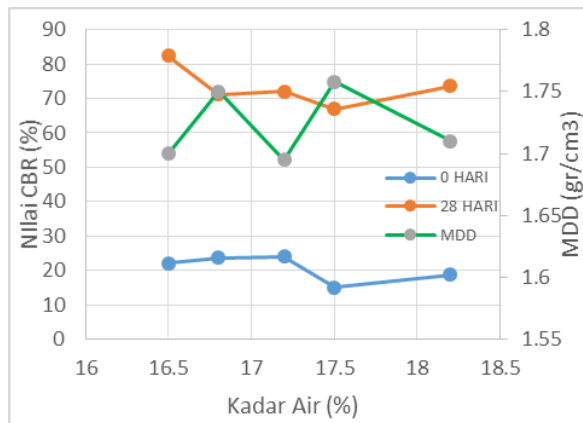
Gambar 5 Grafik Kuat Geser ( $q_u$ ) pada OMC campuran 60%C+40%S

Nilai kuat geser pada campuran 70%C+30%S dan campuran 60%C + 40%S, memiliki nilai kuat geser tertinggi pada variasi campuran *Uniform Fine*. Untuk nilai kuat geser variasi *Uniform Fine* yang lebih tinggi dari keduanya terdapat pada campuran 70%C+30%S. Sedangkan nilai kuat geser terendah pada variasi campuran terdapat pada variasi A-3 yang memiliki nilai elastisitas tertinggi. Berdasarkan gambar 4.9 dan gambar 5 yang telah memaparkan nilai kuat geser ( $q_u$ ) dari setiap variasi campuran. Dapat diurutkan nilai kuat geser tertinggi sampai terendah yaitu *Uniform fine* diikuti A-1b, *Uniform course*, well graded dan A-3. Sedangkan untuk urutan nilai peregangannya atau sampel yang memiliki nilai elastisitas tertinggi terdapat pada variasi A-3 diikuti well graded, *uniform coarse*, A-1b dan *uniform fine*. Maka dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai dari kuat geser dari suatu tanah, maka nilai elastisitasnya akan memiliki nilai yang rendah. Sedangkan untuk sampel yang memiliki nilai elastisitas yang lebih tinggi akan memiliki nilai kuat geser yang lebih rendah.

### Hubungan Nilai CBR Terhadap Kadar Air dan Hubungan MDD Terhadap Kadar Air



(a)



(b)

Gambar 6 Hubungan Nilai CBR Terhadap Kadar Air dan Hubungan MDD Terhadap Kadar Air (a) Variasi 70% C+30% S (b) Variasi 60% C+40% S.

Pada Gambar 6, menunjukkan bahwa kenaikan nilai CBR antara 0 (nol) hari dan 28 hari hampir mencapai 2 sampai 3 kali lipat. Kenaikan nilai CBR pada pemeraman 28 hari memiliki pola yang sama dengan pola sampel pengujian 0 (nol) hari. Nilai CBR pada 0 hari memiliki nilai yang relatif sama pada setiap variasi campuran, yang dapat dilihat pada Gambar 4.17 bagian (a). Sedangkan untuk pemeraman 28 hari, nilai CBR yang diperoleh mengalami kenaikan secara signifikan yang ikut dipengaruhi oleh penambahan kapur sebanyak 6%. Pada campuran gradasi pasir sebanyak 30%, variasi campuran yang memiliki nilai CBR yang signifikan adalah pada campuran *Uniform Coarse*. Hal ini terjadi diakibatkan oleh ukuran gradasi dari *Uniform Coarse* yang terdiri dari yang tertahan saringan #10 dan saringan #20. Ukuran butir tersebut dapat terisi oleh butiran-butiran halus dari tanah lempung, yang menjadikan gradasi campuran tersebut menjadi gradasi yang lebih baik.

## V. KESIMPULAN

1. Penambahan pasir bisa mengakibatkan tanah berubah gradasi nya dibandingkan dengan kondisi lempung asli dengan distribusi butiran (particle size distribution) tertentu.

2. Penambahan lempung pada gradasi ukuran butiran kasar akan meningkat kepadatan lebih besar dibandingkan pada gradasi ukuran butiran halus.
3. Distribusi ukuran butiran sangat mempengaruhi kuat geser tanah, semakin kasar ukuran butiran yang mendonisasi maka kuat geser tanah akan semakin besar. Sebaliknya semakin halus ukuran butiran yang mendonisasi maka semakin kecil kuat geser tanah tersebut.
4. Nilai kuat geser pada sisi kering dari nilai OMC memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan sisi basah dari OMC. Namun pada sisi kering nilai regangannya sangat rendah dan mudah patah, sedangkan pada sisi basah memiliki nilai regangan yang besar sehingga tidak mudah patah.
5. Peningkatan nilai kuat geser dan CBR terjadi sangat signifikan setelah melakukan pencampuran gradasi pasir kedalam lempung.
6. Nilai kuat geser tertinggi didapat pada penambahan pasir yang lebih sedikit dengan komposisi dominan lempung pada sampel tanah.
7. Nilai CBR tertinggi terdapat pada komposisi lempung yang lebih sedikit. Diakibatkan oleh besarnya gesekan antar butiran pasir yang terjadi pada saat tanah dilakukan pengujian CBR.
8. Pemeraman yang dilakukan terhadap sampel tanah selama 28 hari dapat meningkatkan nilai kuat geser dan CBR hingga lebih dari 100%.
9. Penambahan kapur dapat mengurangi kadar air secara cepat. Diakibatkan oleh sifat kapur yang panas.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M., (1985). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Erlangga.
- Hakam, A., Yuliet, R., & Donal, R., (2010). Studi pengaruh penambahan tanah lempung pada tanah pasir pantai terhadap kekuatan geser tanah. *Rekayasa Sipil*, 6(1), 11–22.



- Kara, E. M., et al. (2013). Contribution of Particles Size Ranges to Sand Friction. Engineering, Technology & Applied Science Research (ETASR), 3(4), 497–501.
- ASTM D-2487. (1994). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). USA
- ASTM D-422. (1994). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. USA
- ASTM D-854. (1994). Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. USA
- ASTM D-854. (1994) Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. USA
- Iqbal, Muhammad. 2014. Pengaruh Kadar Lempung dan Kadar Air pada sisi Basah Terhadap Nilai CBR pada Tanah Lempung Kepairan. Skripsi Program s1 Universitas Riau : Pekanbaru